

Физиологические мета-индикаторы для применения в профессиональном спорте: Экспресс-диагностика, обнаружение перетренировки и численное описание индивидуальных зон оптимального функционирования

В.В. Гаврищак, О.В. Сенюкова, О.Н. Ульянова, А.Г. Монин

Важность систематического и объективного психо-физиологического мониторинга спортсменов в профессиональном спорте постоянно возрастает. Экспресс-диагностика развивающихся кардиологических патологий, раннее обнаружение перетренировки и похожих негативных изменений в психо-физиологическом состоянии спортсменов существенно зависят от качества такого мониторинга. Похожие сложные задачи не имеющие универсального решения – это устойчивое выявление индивидуальных зон оптимального функционирования (ИЗОФ) [1]. Настройка спортсменов в их собственную ИЗОФ может существенно улучшить стабильность их выступлений на соревнованиях, а также увеличить вероятность достижения персональных или мировых рекордов. Однако, очень трудно количественно описать такие оптимальные зоны.

Развитие технологий получения физиологических данных, используя персональные и портативные системы, предоставляют новые возможности для компьютеризированной диагностики и количественного моделирования не только в медицине, но и в спортивной индустрии. Например, современные спортивные часы со встроенными ЭКГ сенсорами могут быть использованы не только для программирования персональных тренировок, но и для одновременного получения длины временных промежутков между сокращениями сердца (RR данных) с точностью сравнимой с клиническим ЭКГ оборудованием [2]. Такие персональные RR данные могут быть использованы для систематического анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) [3], с целью ранней диагностики развивающихся сердечных аномалий, обнаружения перетренировки и для других целей. Однако, многие трудности моделирования в таких приложениях остаются нерешенными, особенно когда необходимо использовать короткие временные ряды. Это включает неустойчивость чисто статистических моделей и алгоритмов машинного обучения, связанные с нестационарностью, шумом и неполнотой данных, а также с несовершенством существующих аналитических индикаторов.

Недавно мы продемонстрировали, что многие эти проблемы могут быть решены с помощью комбинации комплементарных индикаторов ВСР, используя ансамбли классификаторов [4-6]. Была показана возможность построения многокомпонентных мета-моделей, имеющих приемлемую точность и устойчивость даже для коротких интервалов времени (несколько минут). Например, мы показали, что использование ансамблей индикаторов может существенно повысить вероятность обнаружения таких патологий как застойная сердечная недостаточность (ЗСН), разных типов аритмий, пароксизмальной фибрилляции предсердий (ПФП) и комбинаций этих аномалий [4-6]. Эти мета-индикаторы могут быть очень полезны для экспресс-диагностики спортсменов используя короткие сегменты RR данных. Например, такая трудно

диагностируемая патология как гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) является ведущей причиной неожиданной смерти молодых спортсменов [7]. Хотя природа ГКМП отлична от ЗСН и аритмий, ее типичные диагностические признаки похожи на признаки ЗСН, а также ГКМП часто сопровождается аритмиями [7]. Следовательно, индикаторы способные обнаруживать ЗСН и аритмии могут также использоваться для диагностики развивающейся ГКМП.

Агрегированный вероятностный выход и внутренняя структура таких многокомпонентных индикаторов может быть также использованы для более детального количественного описания психо-физиологических состояний. Например, индикаторы ВСП предлагают быстрый и удобный способ обнаружения перетренировки [8]. Этот подход является альтернативой для гораздо менее удобных и длительных психо-физиологических обследований, обычно используемых для обнаружения перетренировки. Однако, отдельные индикаторы ВСП часто не имеют достаточной точности и устойчивости [8]. По сравнению с ними, количественное описание основанное на наших мета-индикаторах предлагает гораздо более устойчивое и практичное решение. Более того, наш подход также может быть использован для обнаружения и количественного описания оптимальных психо-физиологических состояний. Концепция ИЗОФ, введенная в спортивную психологию, показала необходимость многомерных характеристик персональных психо-физиологических состояний, связанных с лучшими спортивными достижениями [1]. Хотя очень трудно использовать существующие подходы для количественного описания таких оптимальных зон, наши многокомпонентные представления могли бы хорошо подойти для решения этих задач.

REFERENCES

1. Hanin, Y.L. 1997. Emotions and athletic performance: Individual Zones of Optimal Functioning model. *European Yearbook of Sport Psychology*, 1, 29-72.
2. Nunan, D. et al. 2008. Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. *Eur. J. Appl. Physiology*, 103, 1439.
3. Anonymous. 1996. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 93, 1043-1065.
4. Gavrishchaka, V.V., Koepke, M.E., Ulyanova, O.N. 2010. Boosting-based discovery of multi-component physiological indicators: Applications to express diagnostics and personalized treatment optimization, *IHI'10 Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium*, ACM, New York, NY.
5. Gavrishchaka, V.V., Senyukova, O.V. 2011. Robust algorithmic detection of the developed cardiac pathologies and emerging or transient abnormalities from short

- periods of RR data, In *Proceedings of International Symposium on Computational Models for Life Sciences (CMLS-2011)*, American Institute of Physics (to be published in June 2011).
6. Senyukova, O.V., Gavrishchaka, V.V. 2011. Ensemble decomposition learning for optimal utilization of implicitly encoded knowledge. Submitted to *European Conference on Machine Learning (ECML-2011)*.
 7. Maron, B.J. 2002. Hypertrophic cardiomyopathy: A systematic review. *Journal of the American Medical Association*, 287, 1308-1320.
 8. Baumert, M. et al. 2006. Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(5), 412.